

La différenciation de populations d'*Ornithogalum kochii* Parl. (*Liliaceae*) au Maroc et en Espagne : Essai biosystématique

J. MORET, O. AZZIOUI, H. COUDERC & R. GORENFLOT

Résumé : Des populations d'*Ornithogalum kochii* Parl. du Maroc et d'Espagne sont étudiées d'un point de vue biosystématique. Sur le plan caryologique, toutes les populations sont à $2n = 2x = 18$ chromosomes, mais présentent une variation de la forme d'une paire de chromosomes (pas toujours la même) : présence de satellites ou de constriction secondaires suivant les populations. Sur le plan morphologique, les populations du Moyen Atlas et du Haut Atlas marocains apparaissent suffisamment différenciées pour justifier la création d'une sous-espèce nouvelle : *Ornithogalum kochii* Parl. subsp. *gorenflotii* Moret. Des croisements expérimentaux sont réalisés pour saisir les liens de parenté entre ces populations. Les divers résultats sont discutés d'un point de vue taxonomique et évolutif.

Summary : Populations of *Ornithogalum kochii* Parl. from Morocco and Spain were studied from a biosystematic standpoint. Caryologically, all populations bear $2n = 2x = 18$ chromosomes, but show a variation in the form of one (not always the same) pair of chromosomes : existence of satellites or secondary constrictions, depending on the populations. Morphologically, the populations from the Moroccan Mid- and High Atlas appear sufficiently differentiated to justify the creation of a new subspecies : *Ornithogalum kochii* Parl. subsp. *gorenflotii* Moret. Experimental crosses were carried out to identify the genetic links between these populations. Results are discussed from the standpoints of taxonomy and evolution.

Jacques Moret, Omar Azzioui, Henri Couderc et Robert Gorenflot, Laboratoire de Systématique et Écologie végétales, Université de Paris-Sud, Centre d'Orsay, Bât. 362, 91405 Orsay, Cedex, France.

INTRODUCTION

Ornithogalum kochii Parl. est une espèce variable sur le plan caryologique. D'une part, il existe des variations du nombre chromosomique entre les populations : $2n = 16$ en Italie (GARBARI & TORNADORE, 1970), $2n = 18$ en Roumanie (LUNGEANU, 1972), en U.R.S.S. (AGAPOVA, 1980) et au Maroc (MORET & COUDERC, 1986), enfin $2n = 36$ en Roumanie (LUNGEANU, 1972) et en Espagne (SIAMI, 1982). D'autre part, des variations inter individuelles du nombre chromosomique ont été constatées à l'intérieur d'une même population (GARBARI, 1979). Enfin, quand le nombre est stable, il existe des variations concernant la forme des chromosomes. Suivant les régions, une des paires du caryotype (pas toujours la même) porte soit des satellites (par exemple en Turquie, CULLEN & RATTER, 1972), soit des constriction secondaires (par exemple en Italie, GARBARI, 1979).

En Méditerranée occidentale, nous avons déjà constaté qu'il existe une différenciation caryologique entre certaines populations d'Espagne et d'autres du Maroc (MORET & COUDERC, 1986) : en Espagne, les populations observées sont à $2n = 2x = 18$ avec une paire de chromosomes pourvue d'une constriction secondaire, alors qu'au Maroc nous avons observé le même nombre, mais avec une paire satellifère (MORET, 1985; MORET & COUDERC, 1986). Depuis il a été possible d'examiner d'autres populations espagnoles et il s'est avéré que certaines populations présentent aussi une paire de chromosomes satellifères (AZZIOUI, 1986). Il faut noter que cette variation satellites/constrictions secondaires porte sur la 3^e, la 4^e ou la 5^e paire de chromosomes. Une étude biosystématique a été entreprise sur ces populations, afin de rechercher une éventuelle influence de ce remaniement sur les caractères morphologiques des plantes et leurs potentialités à se croiser.

Enfin, au Maroc, les populations d'*O. kochii* se répartissent en deux ensembles nettement disjoints : l'un dans le Moyen Atlas et l'autre dans le Haut Atlas. Il était donc aussi intéressant de comparer des populations en provenance de ces deux régions.

MATÉRIEL ET MÉTHODE

1. Origine des populations

Les plantes ont été récoltées dans des stations naturelles, puis mises en cultures expérimentales à Orsay (France). Les déterminations ont été effectuées d'après Flora d'Italia (PIGNATTI, 1982) dont nous suivons les délimitations taxonomiques. Les échantillons témoins sont déposés au Laboratoire de Biologie végétale C de l'Université de Paris-Sud, Orsay.

2. Caryologie

Le protocole expérimental est identique à celui décrit par MORET & COUDERC (1986).

3. Croisements expérimentaux

Les plantes sont isolées par un sac de tulle à mailles très fines (0,25 mm) supporté par une armature métallique, ceci pour éviter la venue des insectes pollinisateurs. Dans le cas des plantes jouant le rôle de parent mâle, les fleurs sont castrées à l'état de jeunes boutons, bien avant l'anthèse. Le détail du protocole expérimental a été donné dans une précédente publication (MORET, 1987).

4. Étude biométrique

Les différentes mesures sont réalisées quand la fleur la plus inférieure de l'inflorescence est à l'anthèse. La justification de ce choix, ainsi que celui des caractères, a été exposée par ailleurs (MORET, 1985, 1986; MORET et al., 1986). La liste des caractères retenus est donnée dans le Tableau 4. Pour la comparaison des populations d'Espagne et du Maroc, les caractères 2, 3 et 8 n'ont pu être retenus, l'étude est donc basée sur les 21 caractères restant.

5. Analyses numériques

Deux méthodes d'analyse ont été utilisées (programmes de la bibliothèque B.M.D.P., DIXON, 1984) : analyse en composantes principales (B.M.D.P. 4M) et analyse discriminante (B.M.D.P. 7M). Seules sont

retenues les variables continues et celles à états multiples (les variables qualitatives sont éliminées car trop subjectives).

6. Idiogrammes

Ils résultent d'une analyse effectuée à l'aide d'un logiciel développé sur micro-ordinateur HP 86 suivant les méthodes habituelles (COUDERC, 1983; MORET & COUDERC, 1986; COUDERC et al. 1986).

RÉSULTATS

CARYOLOGIE (Fig. 1; Tableau 1)

Le nombre $2n = 2x = 18$ se retrouve dans toutes les populations considérées. Toutefois on peut noter que les populations en provenance du Maroc possèdent deux chromosomes satellifères, de même que la population espagnole 85-11, alors que la population Z135, également d'origine espagnole, possède une paire de chromosomes pourvue d'une constriction

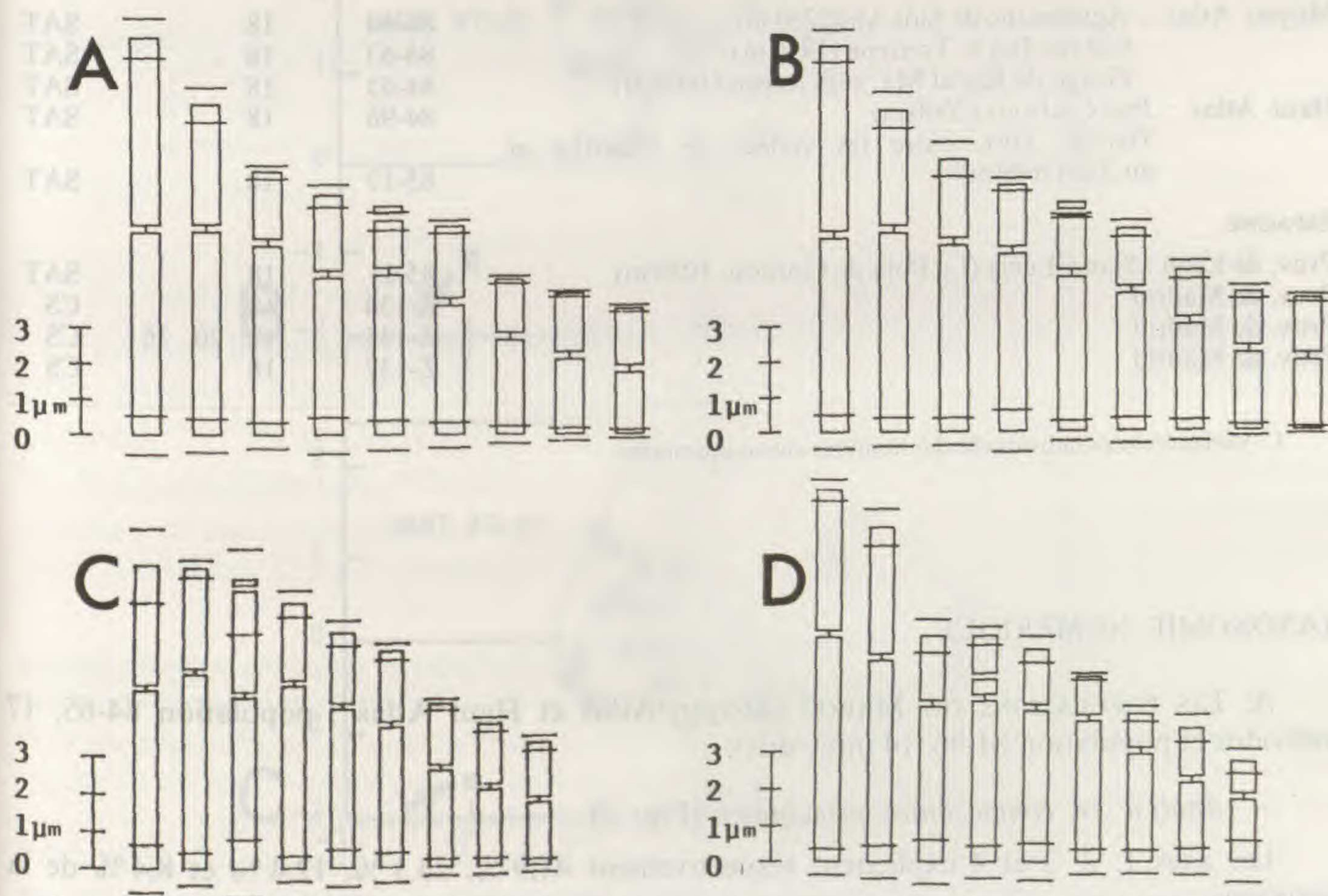


FIG. 1. — Idiogrammes des populations d'*O. kochii* étudiées; A, pop. 84-63 (Moyen Atlas), 6 cellules étudiées; B, pop. 84-96 (Haut Atlas), 5 cellules étudiées; C, pop. 85-11 (Espagne), 6 cellules étudiées; D, pop. Z-135 (Espagne), 4 cellules étudiées.

secondaire. D'autre part, si les populations du Maroc semblent stables sur le plan caryologique, il n'en est pas de même pour celles d'Espagne qui présentent une légère variation des nombres chromosomiques. On remarquera de plus que ce n'est pas toujours la même paire de chromosomes qui porte la constriction secondaire ou le satellite. Cependant si l'on examine les intervalles de confiance des longueurs de ces chromosomes, on constate que ces différences sont finalement peu importantes.

TABLEAU 1 : Origine des populations étudiées et résultats caryologiques.

Abréviations : SAT : présence d'une paire de chromosomes satellifères
CS : présence d'une paire de chromosomes pourvus d'une constriction secondaire

ORIGINE DES POPULATIONS	N° EN CULTURE	2 n =	
MAROC			
Moyen Atlas : Aguelmane de Sidi Ali (2250 m)	84-54	18	SAT
Col du Tizi n' Trettene (1850 m)	84-63	18	SAT
Gorge de Ras el Ma, vers Azrou (1600 m)	84-65	18	SAT
Haut Atlas : Jbel Gadrouz (2000 m)	84-96	18	SAT
Tizi n' Tilst, entre les vallées de l'Ourika et du Zat (2600 m)	85-17	18	SAT
ESPAGNE			
Prov. de Léon : Santa-Lucia (La Pola de Gordon, 1050 m)	85-11	18	SAT
Prov. de Madrid	Z-134	18	CS
Prov. de Madrid	Z-135	18, 20, 36 ¹	CS
Prov. de Madrid	Z-137	18	CS

1. Variation intra individuelle des nombres chromosomiques.

TAXONOMIE NUMÉRIQUE

A. LES POPULATIONS DU MAROC (Moyen Atlas et Haut Atlas : population 84-65, 17 individus et population 84-96, 14 individus).

— *Analyse en composantes principales* (Fig. 2).

Les axes 1, 2, 3 et 4 explicitent respectivement 41,9 %, 23,1 %, 12,4 % et 8,4 % de la variation.

Sur le diagramme on observe globalement deux nuages, celui de gauche rassemblant les individus du Haut Atlas, celui de droite ceux du Moyen Atlas. Deux individus du Moyen

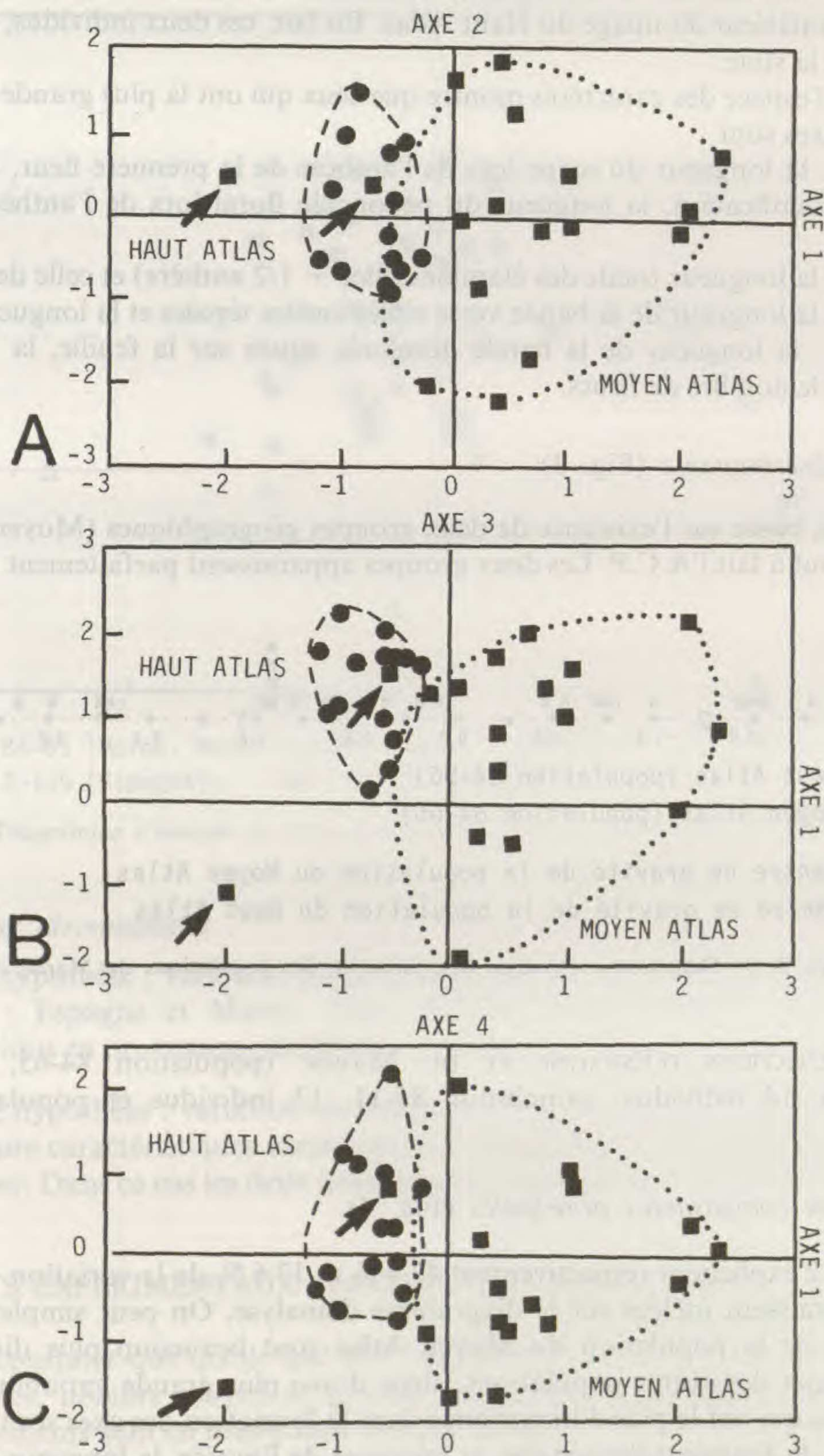


FIG. 2. — Diagrammes d'analyses en composantes principales des populations du Moyen Atlas et du Haut Atlas marocains. Les individus du Moyen Atlas (pop. 84-65) sont représentés par des carrés noirs, ceux du Haut Atlas (pop. 84-96) par des disques noirs. A, projection sur les axes 1 et 2; B, projection sur les axes 1 et 3; C, projection sur les axes 1 et 4.

Atlas, repérés par des flèches, se distinguent nettement des autres : l'un est très excentré et l'autre se situe à l'intérieur du nuage du Haut Atlas. En fait, ces deux individus, chétifs, se sont révélés stériles par la suite.

L'examen de l'espace des caractères montre que ceux qui ont la plus grande contribution à la formation des axes sont :

Pour l'axe 1 : la longueur du scape lors de l'anthèse de la première fleur, la longueur du scape en fin de fructification, la longueur du pédoncule floral lors de l'anthèse et en fin de fructification.

Pour l'axe 2 : la longueur totale des étamines (filet + 1/2 anthère) et celle de la bractée.

Pour l'axe 3 : la longueur de la bande verte située sur les tépales et la longueur des tépales.

Pour l'axe 4 : la longueur de la bande décolorée située sur la feuille, la longueur de la première feuille et le nombre de fleurs.

— Analyse discriminante (Fig. 3).

Cette analyse, basée sur l'existence de deux groupes géographiques (Moyen Atlas et Haut Atlas) confirme tout à fait l'A.C.P. Les deux groupes apparaissent parfaitement bien séparés.

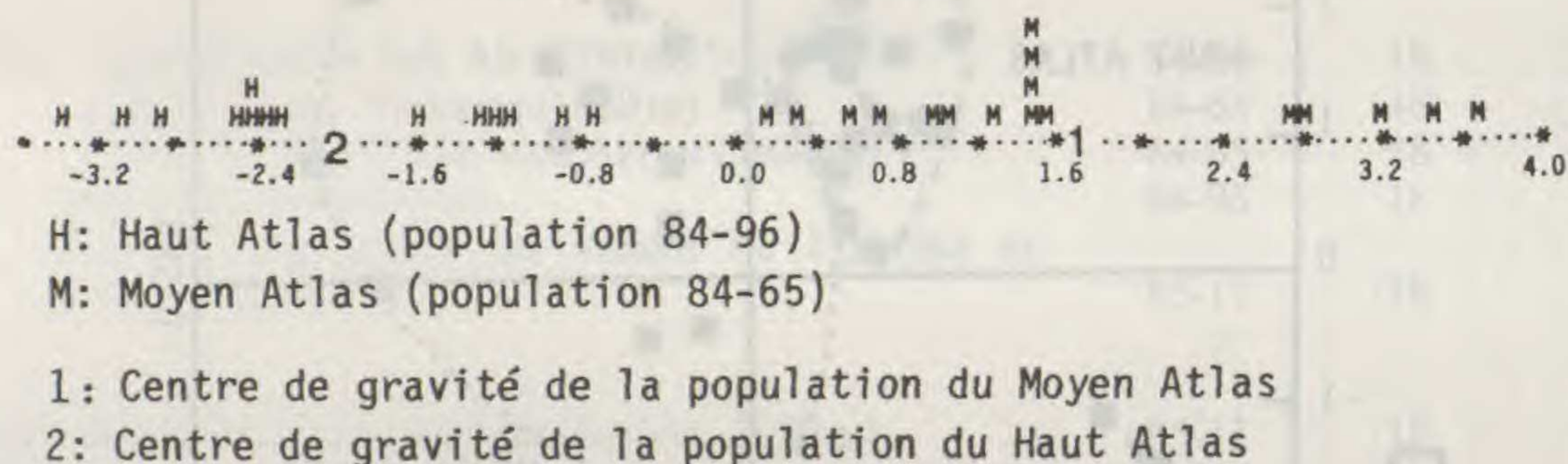


FIG. 3. — Diagramme d'analyse discriminante des populations du Maroc.

B. LES POPULATIONS D'ESPAGNE ET DU MAROC (population 84-65, 17 individus; population 84-96, 14 individus; population 85-11, 13 individus et population Z135, 15 individus).

— Analyse en composantes principales (Fig. 4).

Les axes 1 et 2 explicitent respectivement 47,4 % et 17,6 % de la variation. Les différentes populations apparaissent mêlées sur le diagramme d'analyse. On peut simplement constater que les individus de la population du Moyen Atlas sont beaucoup plus dispersés dans le diagramme que ceux des autres populations, signe d'une plus grande variabilité morphologique. Les caractères qui ont le plus d'importance dans la formation des axes sont :

Pour l'axe 1 : la longueur des tépales, la longueur de l'ovaire, la longueur des pédoncules floraux, la largeur de la bande décolorée située sur les feuilles et la largeur de la première feuille.

Pour l'axe 2 : la largeur de la bande verte située sur les tépales et la largeur de ceux-ci.

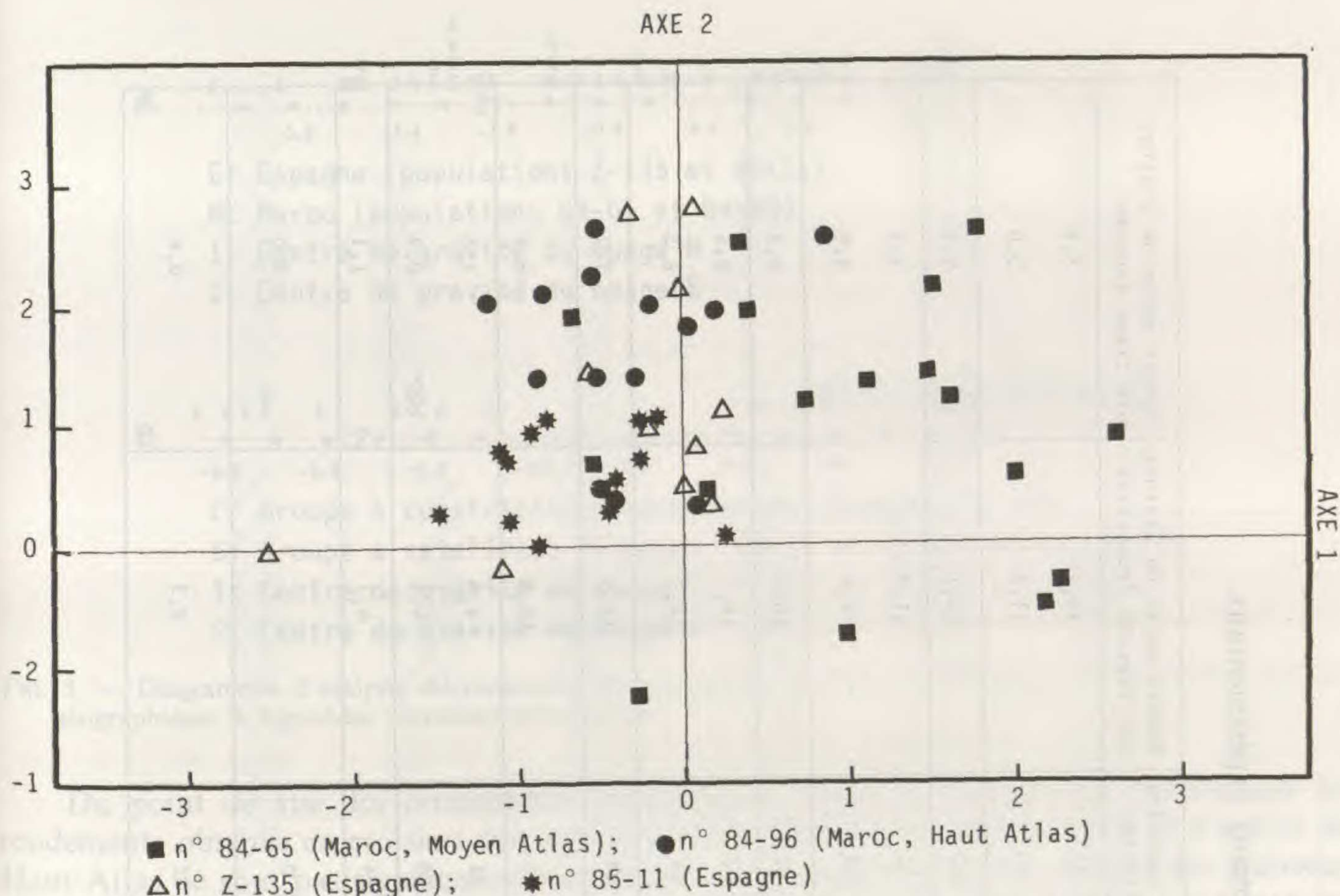


FIG. 4. — Diagramme d'analyse en composantes principales des populations du Maroc et d'Espagne.

— Analyse discriminante.

Première hypothèse : variation géographique (Fig. 5, A). Les populations sont codées en deux groupes : Espagne et Maroc. Deux groupes s'individualisent plus ou moins, mais plusieurs individus en provenance du Maroc se retrouvent dans le groupe Espagne.

Deuxième hypothèse : variation caryologique (Fig. 5, B). Les populations sont codées en fonction de leurs caractéristiques caryologiques : un groupe à constrictions secondaires et un autre à satellites. Dans ce cas les deux groupes sont homogènes et s'individualisent nettement.

CROISEMENTS EXPÉRIMENTAUX (Tableaux 2, 3; Fig. 6, 7, 8)

On peut constater que quelle que soit l'expression du mode de fertilité (pourcentage de capsules formées, nombre moyen de graines par capsule ou nombre moyen de graines par fleur), les rendements sont en tous points comparables.

En ce qui concerne le sens des croisements, celui-ci n'a une importance qu'au niveau des croisements entre individus de populations du Moyen Atlas et individus de populations du Haut Atlas. Les rendements sont meilleurs quand les individus du Haut Atlas jouent le rôle de parents femelles.

TABLEAU 2 : Croisements expérimentaux.

	Populations	Nombre d'individus	Nombre total de fleurs étudiées	% de capsules fructifiées	Nombre moyen de graines par capsule fructifiée	Nombre moyen de graines par fleur étudiée
Moyen Atlas x Moyen Atlas	84-63 x 84-65 84-65 x 84-63	7 2	31 21	42 43	14,1 11,8	5,9 5,0
Moyenne		9	52	42	13,1	5,5
Moyen Atlas x Haut Atlas	84-63 x 84-96 84-65 x 84-96	7 3	42 19	31 58	11,9 8,6	3,7 5,0
Moyenne		10	61	39	10,4	4,1
Haut Atlas x Moyen Atlas	84-96 x 84-63 84-96 x 84-65	7 8	60 59	52 44	16,3 14,5	8,4 6,4
Moyenne		15	119	48	15,5	7,1
Moyenne Maroc		25	180	45	13,8	6,1
Moyen Atlas x Espagne	84-54 x Z-134 84-65 x Z-135	3 5	26 45	31 20	4,9 4,6	1,5 0,9
Moyenne		8	71	24	4,7	1,1
Haut Atlas x Espagne	84-9 x Z-137	7	75	0		0,0
Moyenne Maroc x Espagne		15	146	12	2,3	0,6

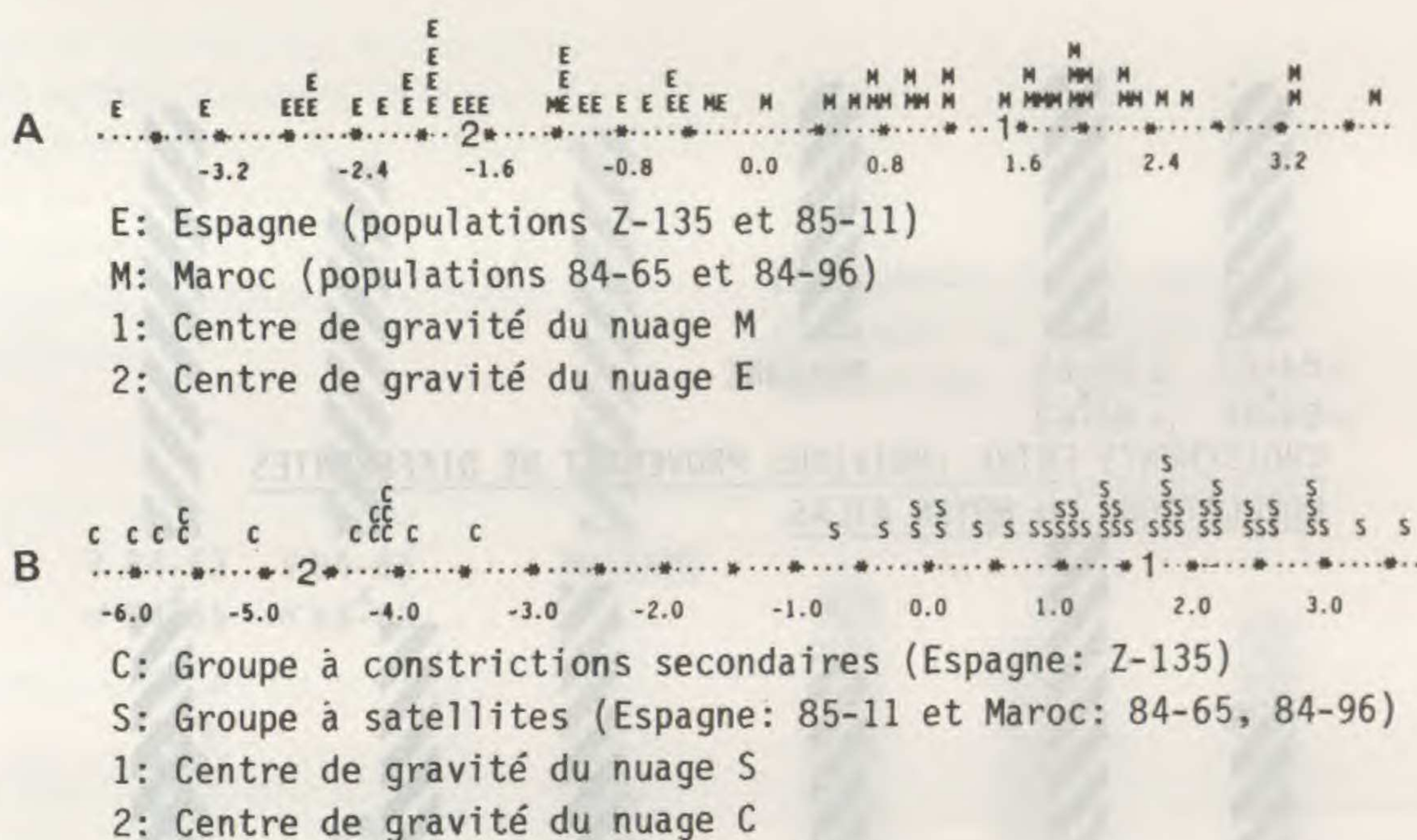


FIG. 5. — Diagrammes d'analyses discriminantes des populations du Maroc et d'Espagne. A, hypothèse : variation géographique ; B, hypothèse : variation caryologique.

Du point de vue des croisements sympatriques, l'analyse de variance montre que les rendements obtenus en croisant des individus de populations du Moyen Atlas et d'autres du Haut Atlas ne sont pas significativement différents de ceux obtenus en croisant des individus de différentes populations du Moyen Atlas. Par contre, les rendements obtenus en croisant des

TABLEAU 3 : Résultats des analyses de variance effectuées sur les données des croisements expérimentaux (à partir du nombre de graines produit par fleur).

	MOYEN ATLAS x MOYEN ATLAS (♀ 84-63 x ♂ 84-65)	♀ MOYEN ATLAS ♂ HAUT ATLAS	♀ HAUT ATLAS x ♂ MOYEN ATLAS	MOYEN ATLAS x ESPAGNE	HAUT ATLAS x ESPAGNE
MOYEN ATLAS x MOYEN ATLAS (♀ 84-65 x ♂ 84-63)	—				
MOYEN ATLAS x MOYEN ATLAS (somme des croisements)		—	—	*	
♀ HAUT ATLAS x ♂ MOYEN ATLAS	*				
HAUT ATLAS x ESPAGNE (somme des croisements)				**	
MOYEN ATLAS x HAUT ATLAS et HAUT ATLAS x MOYEN ATLAS (somme des croisements)				**	**

— Pas de différences significatives
* Différences significatives (degrés de confiance 95 %)
** Différences hautement significatives (degrés de confiance 99 %)

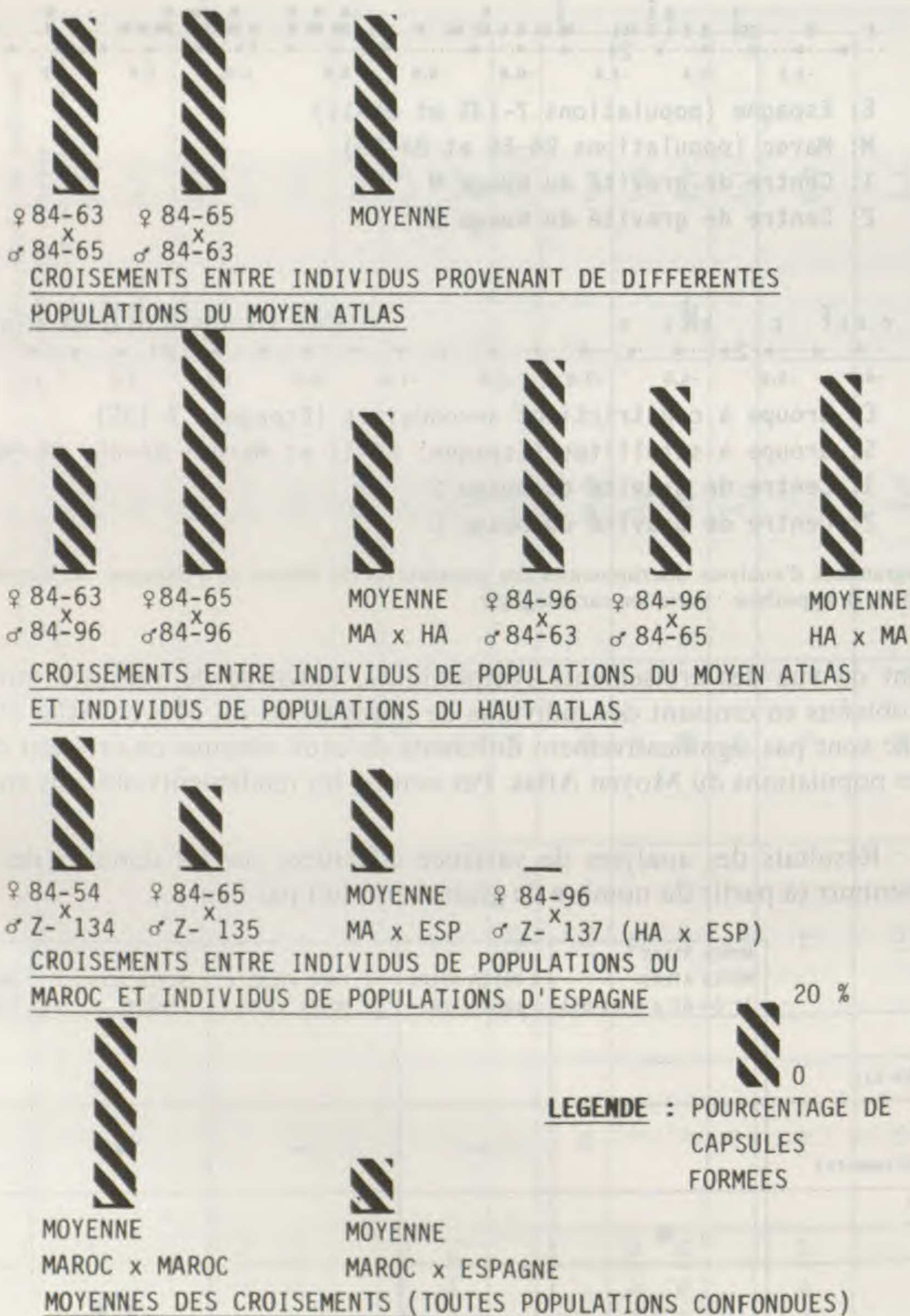


FIG. 6. — Résultats des croisements expérimentaux : expression en fonction du pourcentage de capsules formées.
Abréviations : ESP = Espagne ; HA = Haut Atlas ; MA = Moyen Atlas.

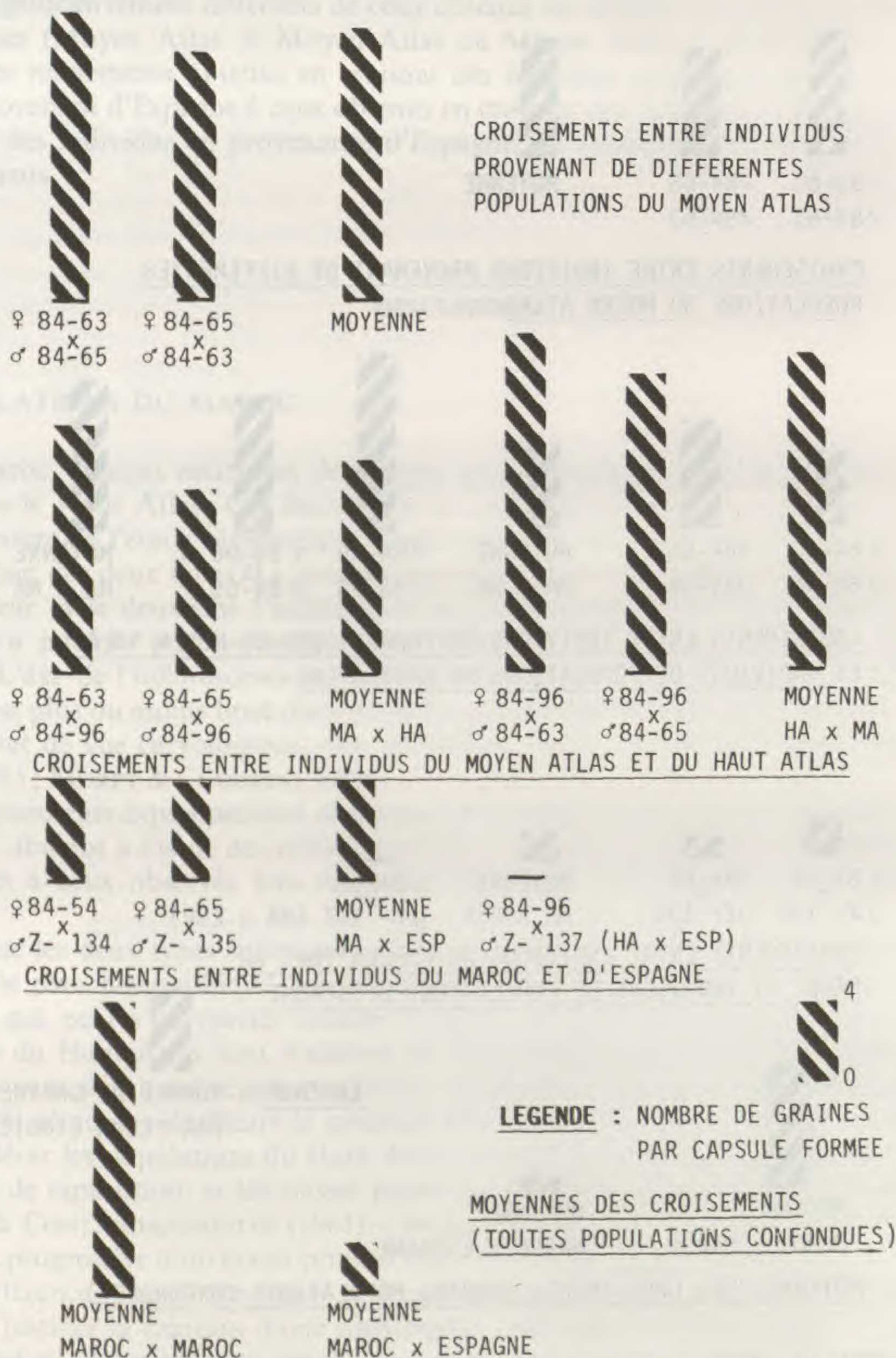
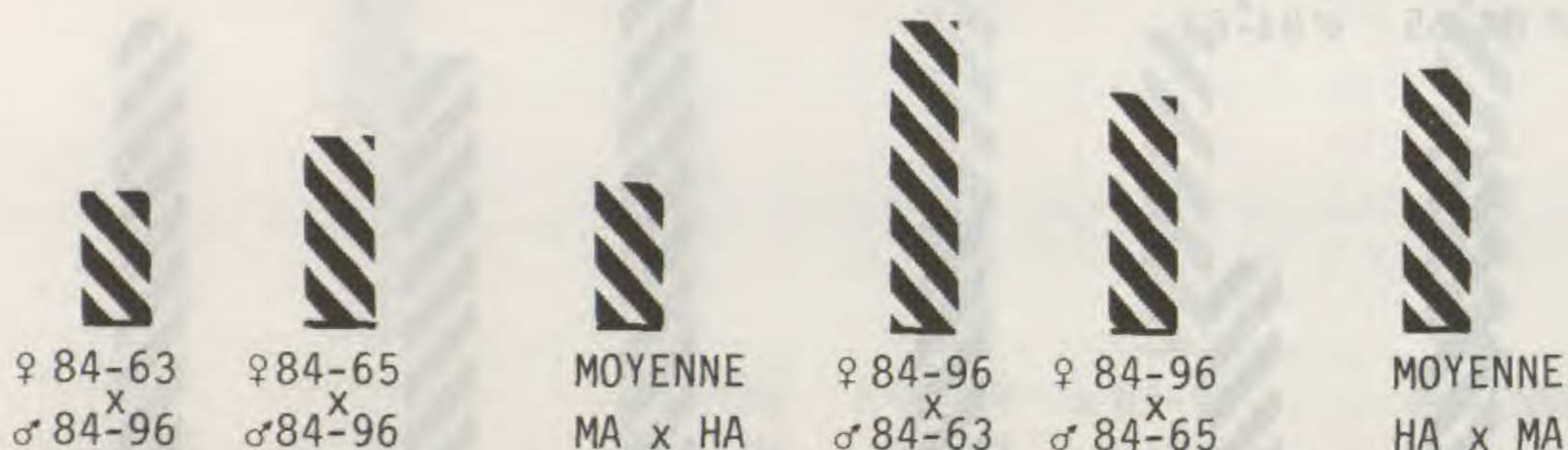


FIG. 7. — Résultats des croisements expérimentaux : expression en fonction du nombre moyen de graines par capsule.
Abréviations : ESP = Espagne ; HA = Haut Atlas ; MA = Moyen Atlas.



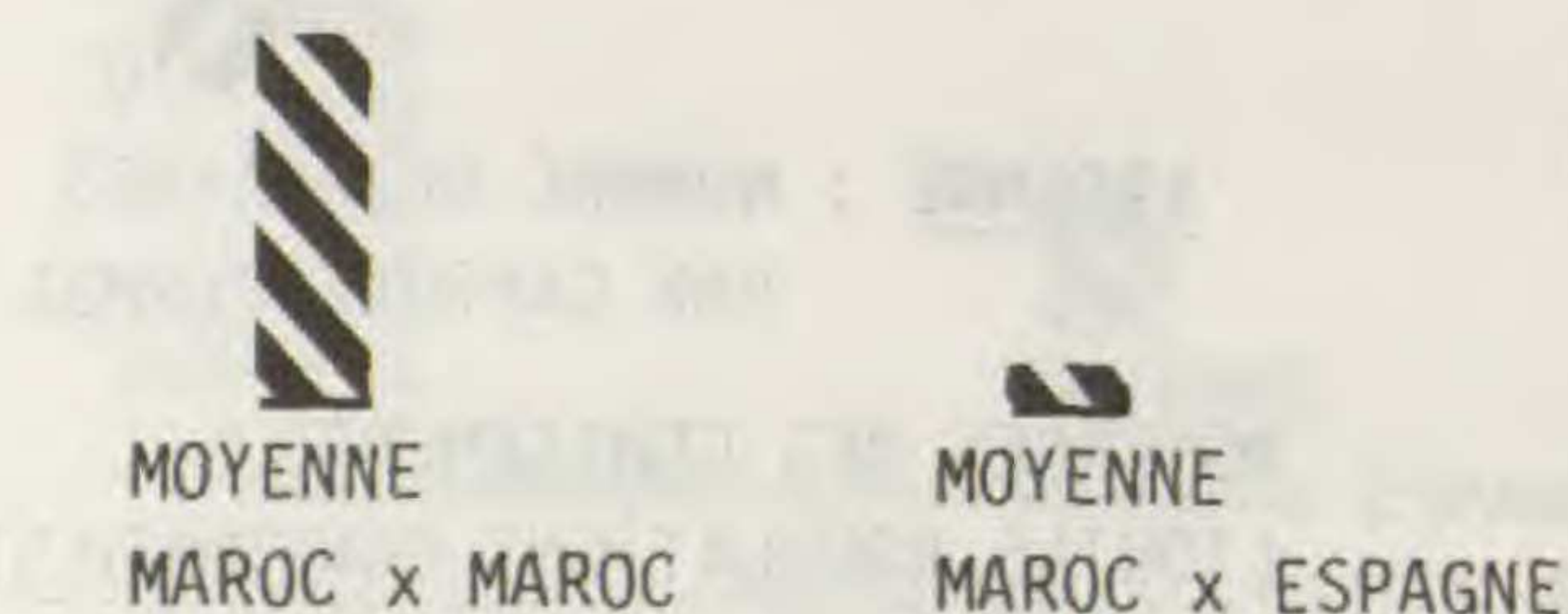
CROISEMENTS ENTRE INDIVIDUS PROVENANT DE DIFFERENTES
POPULATIONS DU MOYEN ATLAS



CROISEMENTS ENTRE INDIVIDUS DE POPULATIONS DU MOYEN ATLAS
ET INDIVIDUS DE POPULATIONS DU HAUT ATLAS



CROISEMENTS ENTRE INDIVIDUS DE POPULATIONS DU
MAROC ET INDIVIDUS DE POPULATIONS D'ESPAGNE



LEGENDE : NOMBRE DE GRAINES
PAR FLEUR ETUDIEE

MOYENNES DES CROISEMENTS (TOUTES POPULATIONS CONFONDUES)

FIG. 8. — Résultats des croisements expérimentaux : expression en fonction du nombre moyen de graines par fleur.
Abréviations : ESP = Espagne ; HA = Haut Atlas ; MA = Moyen Atlas.

individus de populations allopatriques (Moyen Atlas $\times$ Espagne ou Haut Atlas $\times$ Espagne) sont très significativement différents de ceux obtenus en croisant des individus de populations sympatriques (Moyen Atlas $\times$ Moyen Atlas ou Moyen Atlas $\times$ Haut Atlas). Enfin, si on compare les rendements obtenus en croisant des individus provenant du Moyen Atlas avec d'autres provenant d'Espagne à ceux obtenus en croisant des individus en provenance du Haut Atlas avec des individus en provenance d'Espagne, on constate qu'ils sont très significativement différents.

DISCUSSION

LES POPULATIONS DU MAROC

Au Maroc, existent nettement deux types morphologiques : l'un dans le Moyen Atlas et l'autre dans le Haut Atlas. Ces deux types se reconnaissent par un ensemble de caractères définis au cours de l'étude biométrique. Deux caractères sont très importants pour permettre l'identification des deux types. Le premier caractère est la longueur du scape à l'anthèse de la première fleur et le deuxième l'architecture de l'inflorescence. Malheureusement, ce dernier caractère n'a pu être pris en compte lors de l'étude biométrique car il est très délicat à quantifier. L'axe de l'inflorescence est rectiligne dans le cas des populations de Moyen Atlas, alors qu'il est plus ou moins brisé dans celui des populations du Haut Atlas (Fig. 9, 10).

Du point de vue caryologique, rien ne permet, par contre, de différencier les deux types (MORET, 1985 ; MORET & COUDERC, 1986).

Les croisements expérimentaux montrent que ces deux types sont très proches, puisque les rendements obtenus à l'issue des croisements entre individus du Moyen et du Haut Atlas sont comparables à ceux observés lors du croisement entre individus de populations de même origine.

Bien que les deux types soient morphologiquement très différents et les populations très isolées sur le plan géographique, les populations ne présentent pourtant pas de barrière de stérilité, ce qui peut s'interpréter comme le signe d'un isolement géographique récent. Les populations du Haut Atlas sont d'ailleurs les plus méridionales qui existent dans l'aire d'*O. kochii* ; elles sont peu nombreuses et réduites en effectifs. Dans la Flore d'Afrique du Nord, MAIRE (1958) n'indique d'ailleurs la présence d'*O. kochii* que dans le Moyen Atlas. On peut donc considérer les populations du Haut Atlas comme des isolats géographiques d'une espèce à vaste aire de répartition, et les classer parmi les schizoendémiques selon la classification de FAVARGER & CONTANDRIOPOULOS (1961), c'est-à-dire « des taxa qui résultent de la différenciation lente et progressive d'un taxon primitif dans les diverses parties de son aire ».

Les différences morphologiques et biogéographiques nous paraissent cependant assez nettes pour justifier la création d'une sous-espèce, endémique du Haut Atlas : *O. kochii* Parl. subsp. *gorenflotii* Moret¹ (Fig. 9, 10).

1. J. MORET qui propose la création de la nouvelle espèce, est particulièrement heureux de la dédier au Professeur GORENFLOT (Orsay) qui l'a accueilli dans son laboratoire et a permis ses premières recherches.

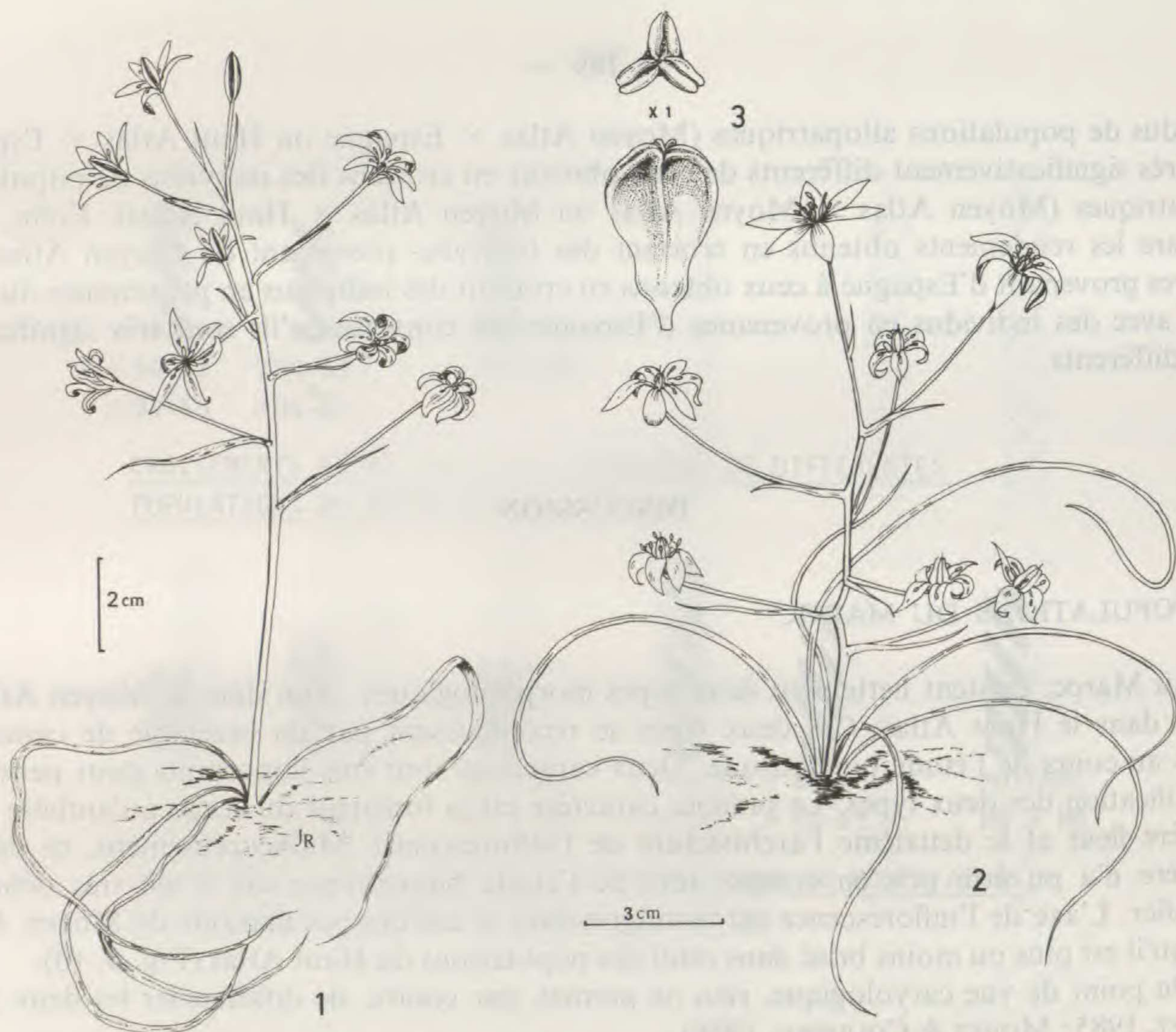


FIG. 9. — 1, *Ornithogalum kochii* Parl. subsp. *kochii*, aspect général ; 2, 3, *Ornithogalum kochii* Parl. subsp. *gorenflotii* Moret, aspect général et détail de la capsule (vue de profil et par dessus).



A

B

FIG. 10. — Aspect des deux sous-espèces en culture : A, un individu d'*Ornithogalum kochii* Parl. subsp. *gorenflotii* Moret (population 84-96, origine Jbel Gadrouz dans le Haut Atlas Marocain) ; B, deux individus d'*Ornithogalum kochii* Parl. subsp. *kochii* (population 84-54, origine Col du Zad dans le Moyen Atlas marocain).

Ornithogalum kochii Parl.

Fl. Ital. 2 : 440 (1852).

O. kochii Parl. subsp. **kochii**

Feuilles vert tendre, pourvues d'une fine bande médiane décolorée, toujours prostrées sur le sol, assez nombreuses (13 en moyenne). Scape élevé $\geq 2,8$ cm (4,8 cm en moyenne). Axe de l'inflorescence rectiligne, assez long (4,8 cm en moyenne), fleurs peu nombreuses (8 en moyenne). Pédoncule floral à peu près égal à la bractée lors de l'anthèse, pédoncule fructifère plus long que la bractée. Corolle petite (3,2 cm en moyenne), fleurs blanches, tépales bicolores. Ovaire faiblement trigone, capsule nettement trigone. $2n = 18$. Répartition : Europe méridionale et Centrale, partie occidentale de l'U.R.S.S., Turquie, Maroc (Moyen Atlas).

TYPE : *Parlatore s.n.*, Italie (holo-, FI).

O. kochii Parl. subsp. **gorenflotii** Moret, *subsp. nov.*

A subsp. kochii differt numero foliorum deminuto, scapa et inflorescentia breviori, axi inflorescentiae fractiflexo non recto, floribus minus numerosis, pedunculis floriferis et fructiferis bractea brevioribus, corolla minori et capsula manifeste trigona.

Feuilles vert tendre, pourvues d'une fine bande médiane décolorée, plus ou moins redressées, peu nombreuses (8 en moyenne). Scape court $< 2,8$ cm (1,7 cm en moyenne). Axe de l'inflorescence plus ou moins brisé, plus court (3,9 cm en moyenne), fleurs peu nombreuses (8 en moyenne). Pédoncule floral et pédoncule fructifère $<$ à la bractée. Corolle petite (3,2 cm en moyenne), fleurs blanches, tépales bicolores. Ovaire et capsule nettement trigones. $2n = 18$. Floraison fin Juin et début Juillet. Répartition : Maroc (Haut Atlas).

TYPE : *Bernard s.n.*, 1984, Touflith, Haut Atlas, Maroc (holo-, P; iso-, P, VIL, PCU).

Le matériel-type a été récolté à proximité de Touflith, sur la route du Tisi n' Tichka, sur la feuille 1/50.000 Had Zraqtane : plateau à 2000 m entre l'Adrar Ifarwane (2298 m) et l'Adrar Gadrouz (2154 m). Substrat : grès du Trias donnant par décomposition un sol très sableux et humide. Formation végétale : « pelouse mésophile » avec autour *Cistus laurifolius* et *Juniperus oxycedrus*. Cette sous-espèce est répandue dans tout le Jbel Gadrouz où elle est relativement abondante.

Dans le but de permettre une meilleure identification des sous-espèces, la moyenne et l'écart type de chaque caractère sont donnés dans le Tableau 4. De plus, les résultats d'un test « t » sont aussi indiqués dans ce tableau afin de dégager les caractères les plus discriminants.

TABLEAU 4 : Valeur moyenne (M), exprimée en mm et écart type (E) de chaque caractère utilisé pour la distinction des deux sous-espèces d'*Ornithogalum kochii*. Les moyennes sont calculées à partir des valeurs mesurées pour la population 84-65 (subsp. *kochii*) et pour la population 84-96 (subsp. *gorenflotii*).

CARACTERES RETENUS POUR LES DIAGNOSES	<i>Ornithogalum kochii</i>				Test t
	subsp. <i>kochii</i>		subsp. <i>gorenflotii</i>		
	M	E	M	E	
1 Longueur du scape lors de l'anthèse de la première fleur	47,6	13,0	16,8	5,3	: **
2 Longueur du scape en fin de floraison	56,1	13,2	25,6	5,7	: **
3 Longueur de l'inflorescence	47,8	14,9	39,9	7,0	: -
* 4 Nombre de fleurs	7,6	3,0	7,5	2,9	: -
* 5 Longueur de la bractée	30,0	6,3	30,3	5,2	: -
6 Largeur de la bractée	9,1	1,5	9,4	1,4	: -
* 7 Longueur du pédoncule floral lors de l'anthèse	28,6	10,2	23,5	4,9	: -
8 Longueur du pédoncule floral en fin de floraison	31,4	10,8	25,1	4,5	: -
9 Longueur du tépale externe	18,9	3,2	16,5	2,0	: *
10 Largeur du tépale externe	5,7	0,9	5,6	0,5	: -
11 Largeur de la bande verte située sur le dos du tépale externe	3,7	0,9	4,0	0,5	: -
12 Longueur du tépale interne	17,2	2,7	14,6	2,1	: **
13 Largeur du tépale interne	4,6	0,8	4,7	0,6	: -
14 Largeur de la bande verte située sur le dos du tépale interne	1,9	0,6	2,6	0,6	: **
15 Longueur totale de l'étamine externe (filet + 1/2 anthère)	8,2	1,2	8,3	0,6	: -
16 Largeur du filet de l'étamine externe	1,1	0,2	1,1	0,3	: -
17 Longueur totale de l'étamine interne (filet + 1/2 anthère)	8,9	1,1	8,5	0,8	: -
18 Largeur de filet de l'étamine interne	1,9	0,2	2,0	0,1	: -
19 Longueur de l'ovaire	4,3	0,6	3,8	0,5	: **
20 Longueur du style	2,5	0,5	2,3	0,2	: -
21 Nombre de feuilles	13,1	4,7	7,6	2,7	: **
* 22 Longueur de la première feuille	234,8	34,4	184,0	41,1	: **
* 23 Largeur de la première feuille	2,9	0,8	3,5	1,1	: -
24 Largeur de la bande décolorée située sur la première feuille	0,7	0,2	0,8	0,2	: -

Test "t": différence entre les moyennes non significatives au niveau de probabilité de 5% (-)

: différence entre les moyennes significative au niveau de probabilité de 5% (*)

: différence entre les moyennes significative au niveau de probabilité de 1% (**)

Les caractères retenus par les auteurs sont repérés par une étoile, les autres sont originaux.

DIFFÉRENCIATION DES POPULATIONS ENTRE L'ESPAGNE ET LE MAROC

La situation est beaucoup plus compliquée à cet égard. Sur le plan de la morphologie générale, toutes les plantes qui présentent une paire de chromosomes satellifères se ressemblent beaucoup, quelle que soit leur origine géographique. Par contre, les populations à satellites et à constriction secondaires se ressemblent moins, même quand elles sont sympatriques. Il semble donc que la restructuration chromosomique soit liée à une différenciation morphologique entre populations sympatriques.

De même, les résultats des croisements expérimentaux entre populations marocaines et espagnoles montrent bien que cette restructuration s'accompagne de la mise en place d'une barrière de stérilité. Cependant, des populations d'Espagne semblent plus proches de celles du Moyen Atlas que de celles du Haut Atlas.

Ces divers résultats permettent d'établir une liaison entre la distance géographique qui

sépare les diverses populations et leur degré d'isolement génétique : les barrières de stérilité sont d'autant plus fortes que la distance géographique est plus grande.

En fait, il serait très intéressant d'étendre une telle étude à l'ensemble de l'aire de cette espèce. D'après les données de la littérature (ZAHARIADI, 1980), cette espèce a une aire vaste mais morcelée. A la lumière de ce que nous observons au Maroc et en Espagne, il est probable que chaque type de population a évolué de manière indépendante, sous forme d'isolats et que ce que nous appelons « *O. kochii* » soit en fait formé de nombreux taxa schizoendémiques. Dans certaines régions, cette évolution se serait accompagnée de restructurations chromosomiques favorisant la séparation des isolats.

CONCLUSION

Il semblerait que les populations d'*O. kochii*, essentiellement localisées dans les montagnes, aient évolué de manière relativement indépendante les unes des autres. Au Maroc, la différenciation morphologique serait en avance sur l'isolement reproducteur, alors qu'en Espagne, la différenciation serait plus d'ordre caryologique que morphologique.

Au Maroc, la différenciation serait due à un isolement géographique, alors qu'en Espagne il semblerait que l'on soit en présence d'un début de spéciation sympatrique causé par un remaniement chromosomique.

REMERCIEMENTS : Les auteurs sont particulièrement heureux de remercier Monsieur J. BERNARD et Monsieur M. LAINZ pour leurs récoltes de matériel, ainsi que Madame J. REGAGNON pour ses dessins d'Ornithogales.

BIBLIOGRAPHIE

- AGAPOVA, N. D., 1980. — Cytosystematik study of the european representatives of the genus *Ornithogalum* (Liliaceae) of the flora of the U.S.S.R. II. Subgenus *Ornithogalum*. *Bot. Zhurn.* 65 (6) : 783-794.
- AZZIOUI, O., 1986. — *Biologie de la reproduction et différenciation de quelques espèces d'Ornithogales (O. algeriense Jord. et Fourr., O. kochii Parl. et O. tenuifolium Guss.) au Maroc et en Espagne*. D.E.A., Université de Paris-Sud, Orsay (France).
- COUDERC, H., 1983. — Programme d'analyse des caractéristiques morphologiques et numériques des garnitures chromosomiques. *Actes du Congrès Européen des Sociétés de Classifications*, Jouy-en-Josas.
- CULLEN, J. & RATTER, J.-A., 1967. — Taxonomic and cytological notes on Turkish *Ornithogalum*. *Notes Royal Bot. Garden, Edinburgh* 27 (3) : 293-339.
- DIXON, W.-J., 1981. — *B.M.D.P. Statistical software*. University of California Press, Los Angeles.
- FAVARGER, C. & CONTANDRIOPOULOS, J., 1961. — Essai sur l'endémisme. *Bull. Soc. bot. Suisse* 71 : 384-408.
- GARBARI, F., 1979. — Cytotaxonomical and biosystematic aspects of the mediterranean flora of Italy. *Webbia* 34 (1) : 337-355.

- GARBARI, F. & TORNADORE, N., 1970. — The genus *Ornithogalum* (Liliaceae) I. *Ornithogalum kochii* Parl. : morphological and cytological analysis. *Atti. Soc. Sci. Nat.*, ser. B, 77 : 101-111.
- LUNGEANU, I., 1972. — Contribution to the caryologic study of the genus *Ornithogalum*. *Acta Bot. Horti Bucuresti* : 147-151.
- MAIRE, R., 1958. — *Flore de l'Afrique du Nord*. Vol. 5. Lechevalier éd., Paris.
- MORET, J., 1985. — *La variation de populations méditerranéennes d'Ornithogales. Conséquences au niveau de la Systématique et de l'évolution du genre*. Thèse Doct. Sciences, Université de Paris-Sud, Orsay.
- MORET, J. (sous presse). — Apport de la taxonomie numérique à la connaissance du genre *Ornithogalum* L. au Maroc : relations entre les sous-espèces d'*Ornithogalum umbellatum* L. *Bull. Soc. bot. France*.
- MORET, J., 1987. — Systèmes de reproduction et affinités génétiques des espèces d'*Ornithogales* au Maroc. *Rev. Cytol. Biol. végét., Bot.*, 10 : 15-31.
- MORET, J. & COUDERC, H. (sous presse). — Contribution of caryology to the systematic knowledge of the *Ornithogalum* L. genus in North Africa : the *Heliocharmos* Baker subgenus. *Caryologia*.
- MORET, J., COUDERC, H., HUBAC, J.-M. & GORENFLOT, R., 1986. — Contributions of Numerical Taxonomy to *Ornithogalum* subg. *Beryllis* (Hyacinthaceae) in Morocco. *Pl. Syst. Evol.* 154 : 103-110.
- PIGNATTI, S., 1982. — *Flora d'Italia*. Vol. 3. Edagricole.
- SIAMI, A., 1982. — *Contribution à la caryosystématique du genre Ornithogalum L.* Thèse Doct. 3^e cycle, Université de Paris-Sud, Orsay.
- ZAHARIADI, C., 1980. — *Ornithogalum L.* in TUTIN, T. G. et al. *Flora Europaea*. Vol. 5. Cambridge University Press, Cambridge.